

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-048875

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

G01V 3/12

(21)Application number : 2000-231622

(71)Applicant : CENTRAL RES INST OF ELECTRIC
POWER IND
KANSAI ELECTRIC POWER CO
INC:THE
NIPPON CHIKA TANSU:KK
CHIBA DENSHI KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 31.07.2000

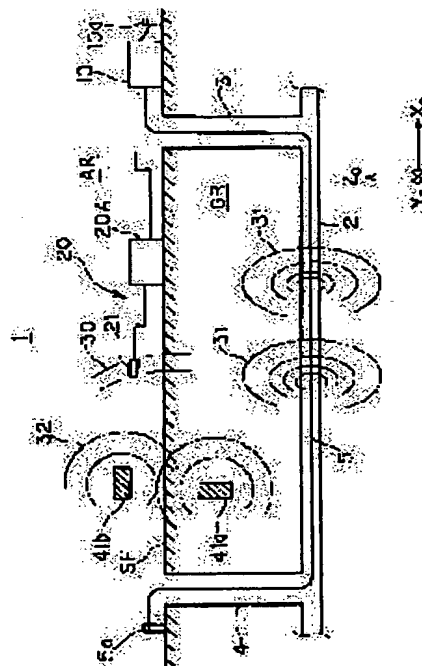
(72)Inventor : KUSUNOKI KENICHIRO
IEMURA SHOZO
TAKAYA TADASHI
AZUMA YOSHINORI

(54) BURYING POSITION DETECTION SYSTEM AND RECEPTION DEVICE FOR THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately detect the position of a buried duct while preventing the influence of a secondary electromagnetic wave.

SOLUTION: A single-wire cable 5 is arranged in the duct 2 and an AC current is supplied to the cable 5 to radiate an electromagnetic wave. The phase component of a received electromagnetic wave, received by a ground-side AR, which is orthogonal to a reference signal on which the generation of a transmitted electromagnetic wave is based corresponds to secondary electromagnetic waves 32 from metal bodies 41a and 42b, etc. A component which is in phase with the reference signal is extracted from a received electromagnetic wave received by a sensor 21 and then this substantially corresponds to only a primary electromagnetic wave 31. Thus, only the component of the primary electromagnetic wave 31 is extracted and the position where it has only a horizontal component is looked for to accurately know the position right above the duct 2 without being affected by the secondary electromagnetic wave 32.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-48875

(P2002-48875A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 V 3/12

識別記号

F I

G 0 1 V 3/12

ターミナル (参考)

B

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-231622(P2000-231622)

(22) 出願日 平成12年7月31日(2000.7.31)

(71) 出願人 000173809

財団法人電力中央研究所

東京都千代田区大手町1丁目6番1号

(71) 出願人 000156938

関西電力株式会社

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号

(71) 出願人 500355075

株式会社日本地下探査

千葉県船橋市本郷町658-2

(74) 代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

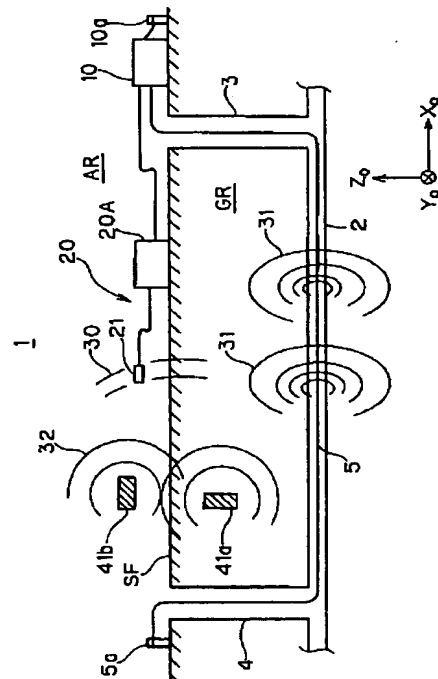
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 埋設位置検出システムおよびそのための受信装置

(57) 【要約】

【課題】 2次電磁波の影響を防止しつつ、埋設管路の位置検出を正確に行うこと。

【解決手段】 管路2の中に単線のケーブル5を配置し、ケーブル5に交流電流を流すことによって電磁波を輻射させる。地上側ARで受信した受信電磁波のうち、送信電磁波の生成の基礎となった基準信号と直交する位相成分は、金属体41a、42bなどからの2次電磁波32に相当する。センサ21で受信した受信電磁波から基準信号と同相の成分を抽出すると、これは実質的に1次電磁波31だけに対応したものとなる。このようにして1次電磁波31の成分だけを抽出し、それが水平成分だけを持つ位置を探すことによって、2次電磁波32の影響を受けずに管路2の直上位置を正確に知ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 地中に埋設された管路の位置を検出する埋設位置検出システムであって、

(a) 所定の基準信号に同期した送信電磁波を前記管路の埋設位置から輻射させる送信装置と、

(b) 前記送信電磁波に応じた受信電磁波を地上側で受信して、前記管路の埋設位置を検出する受信装置と、を備え、前記受信装置が、

(b-1) 前記基準信号を用いて、前記受信電磁波の中から、前記送信電磁波の位相と同相の成分を抽出する同相成分抽出手段と、

(b-2) 前記同相の成分に基づいて前記管路の埋設位置を指示する指示信号を生成する信号処理手段と、を備えることを特徴とする埋設位置検出システム。

【請求項 2】 請求項 1 のシステムにおいて、前記同相成分抽出手段が、

前記基準信号に基づいて、前記受信電磁波から、前記送信電磁波の位相と直交する直交位相成分を抽出する手段、を備え、

前記受信電磁波から前記直交位相成分を除去することによって、前記指示信号を得ることを特徴とする埋設位置検出システム。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 のシステムにおいて、

前記受信装置においては、対向配置されたコイル対の出力差として前記受信電磁波を検出することを特徴とする埋設位置検出システム。

【請求項 4】 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかのシステムにおいて、

前記送信電磁波が、前記管路の長手方向に沿って前記管路の中に挿通された導電線から輻射されることを特徴とする埋設位置検出システム。

【請求項 5】 地中に埋設された管路の内部に電磁波輻射手段を配置し、前記電磁波輻射手段からの送信電磁波を地上側で受信して前記管路の位置を検出する受信装置であって、

(a) 前記送信電磁波に応じた受信電磁波を地上側で受信する受信手段と、

(b) 前記送信電磁波の生成の基礎となった基準信号に基づいて、前記受信電磁波の中から、前記送信電磁波の位相と同相の成分を抽出する同相成分抽出手段と、

(c) 前記同相の成分に基づいて前記管路の埋設位置を指示する指示信号を生成する信号処理手段と、を備えることを特徴とする受信装置。

【請求項 6】 請求項 5 の受信装置において、前記同相成分抽出手段が、

前記基準信号に基づいて、前記受信電磁波から、前記送信電磁波の位相と直交する直交位相成分を抽出する手段、を備え、

前記受信電磁波から前記直交位相成分を除去することに

よって、前記指示信号を得ることを特徴とする受信装置。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 の受信装置において、

対向配置されたコイル対の出力差として前記受信電磁波を検出することを特徴とする受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、送電線や通信線などを収容して地下に埋設されている管路の存在位置を地上側から検出する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】地下施設を建設あるいは保守するにあたっては、作業上の事故を防止するために、地下に埋設されている送電線や通信線の管路、それに上下水道などの種々のライフライン管路の存在位置を地上側から検出する必要がある。そのような検出技術のひとつとして、管路の内部に心線などの電磁波輻射手段を配置し、それから輻射された電磁波を地上側で受信して、管路の位置を推定する電磁法が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、管路付近には種々の金属体（たとえば地上のガードレール、地下に伸びたの金属支柱など）が存在する場合も多い。すると、電磁波輻射手段から輻射した電磁波はこれらの金属体で電磁反射し、2次電磁波となって地上側の受信手段に到達する。この金属体は検出対象の管路とは別の位置にあるため、管路内から直接に受信手段に到達する1次電磁波とは強度の空間分布が異なっている。このため、1次電磁波と2次電磁波との混合電磁波から位置検出を行うと、管路の検出にかなりの誤差が生じてしまう。

【0004】

【発明の目的】この発明は、従来技術における上記の問題の克服を意図しており、2次電磁波の影響を除去して埋設管路の位置を正確に検出できる技術を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、請求項 1 の発明は、地中に埋設された管路の位置を検出する埋設位置検出システムであって、(a)所定の基準信号に同期した送信電磁波を前記管路の埋設位置から輻射させる送信装置と、(b)前記送信電磁波に応じた受信電磁波を地上側で受信して、前記管路の埋設位置を検出する受信装置とを備え、前記受信装置が、(b-1)前記基準信号を用いて、前記受信電磁波の中から、前記送信電磁波の位相と同相の成分を抽出する同相成分抽出手段と、(b-2)前記同相の成分に基づいて前記管路の埋設位置を指示する指示信号を生成する信号処理手段とを備えることを特徴とする。

【0006】請求項 2 の発明は、請求項 1 のシステムに

10

20

30

40

50

において、前記同相成分抽出手段が、前記基準信号に基づいて、前記受信電磁波から、前記送信電磁波の位相と直交する直交位相成分を抽出する手段を備え、前記受信電磁波から前記直交位相成分を除去することによって、前記指示信号を得ることを特徴とする。

【0007】請求項3の発明は、請求項1または請求項2のシステムにおいて、前記受信装置においては、対向配置されたコイル対の出力差として前記受信電磁波を検出することを特徴とする。

【0008】請求項4の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかのシステムにおいて、前記送信電磁波が、前記管路の長手方向に沿って前記管路の中に挿通された導電線から輻射されることを特徴とする。

【0009】請求項5の発明は、地中に埋設された管路の内部に電磁波輻射手段を配置し、前記電磁波輻射手段からの送信電磁波を地上側で受信して前記管路の位置を検出する受信装置であって、(a)前記送信電磁波に応じた受信電磁波を地上側で受信する受信手段と、(b)前記送信電磁波の生成の基礎となった基準信号に基づいて、前記受信電磁波の中から、前記送信電磁波の位相と同相の成分を抽出する同相成分抽出手段と、(c)前記同相の成分に基づいて前記管路の埋設位置を指示する指示信号を生成する信号処理手段とを備えることを特徴とする。

【0010】請求項6の発明は、請求項5の受信装置において、前記同相成分抽出手段が、前記基準信号に基づいて、前記受信電磁波から、前記送信電磁波の位相と直交する直交位相成分を抽出する手段を備え、前記受信電磁波から前記直交位相成分を除去することによって、前記指示信号を得ることを特徴とする。

【0011】請求項7の発明は、請求項5または請求項6の受信装置において、対向配置されたコイル対の出力差として前記受信電磁波を検出することを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】〔システムの概要〕図1は、この発明の埋設位置検出システム1のシステム構成図であり、図2はその平面図である。このシステム1は、地下GRに埋設されている管路2の水平面方向の存在位置を検出するためのものであり、センサ21を図2中の位置Pa、Pb、Pc、Pd、Pe、Pfなどの種々の場所に移動させつつ電磁波の検出を行ったとき、後述する原理によって管路2の直上に相当する位置P0を特定することができるようになってい。なお、これらの各図にはX0-Y0-Z0直交座標系が定義されており、Z0方向が地表SFに対する鉛直方向である。X0、Y0のそれぞれの方向軸のとりかたは任意であるが、ここでは管路2が伸びる方向をX0方向とし、このX0方向に直交する方向をY0方向として定義する。

【0013】具体的構成において、このシステム1は、地上側に移動自在に配置された送信装置10と受信装置20とを備えている。送信装置10からマンホール3を

通して、検出対象となる管路2内に単線ケーブル5を挿通する。このケーブル5は導線(心線)を絶縁被覆して形成されている。このケーブル5を管路2の長手方向に沿って延伸させ、別のマンホール4から地上に導出させる。そして、このケーブル5の端部を任意の接地点5aで接地する。また、送信装置10はその近傍の接地点10aで接地されている。

【0014】送信装置10は、後述する回路によって数kHz〜数十kHzの交流信号を発生し、この交流信号をケーブル5に供給する。ケーブル5内の導線は単線であり、ケーブル5を通った交流電流はから接地点5aへと流れ、大地を経由して他方の接地点10aから送信装置10に戻る。

【0015】このような構成においては、ケーブル5からほぼ同心円状(立体的に言えば同心円筒状)に1次電磁波31が輻射され、この1次電磁波31は管路2および地中GRを通して地表SFを貫き、地上側ARへと伝播する。なお、この明細書においては「地上側」という用語を、地上および空中の双方を含む用語として使用している。

【0016】1次電磁波31の一部は、地中GRにある金属体41a(たとえば金属支柱)や、地上側ARにある金属体41b(たとえばガードレール)で反射され、2次電磁波32としてこれらの金属体から再輻射される。

【0017】一方、地上側ARには受信装置20の本体20Aを移動自在に配置する。管路2がどの位置にあるかはこの時点では地上側ARではまだわからないため、受信装置本体20Aは管路2の推定存在位置付近に適宜に配置される。この受信装置20には電磁センサ21が接続されている。このセンサ21は図3のように、水平面内において所定の間隔を隔てて十字形に水平配置された4つのコイル21a〜21dを備えている。1方向に対向配置して整列している2つのコイル21a、21bが伸びる方向をX方向とし、他の2つのコイル21c、21dの対向配置が伸びる方向をY方向として定義する。センサ21は可搬であって、その向きも自由に変更できるようになっている。このため、X、Yはセンサ21の内部における相対的座標系としての意味を持つだけであって、偶然にX=X0、Y=Y0になっている場合のほかは、X、Y方向はそれぞれ絶対座標系におけるX0、Y0方向と一致しない。ただし、コイル21a〜21dの配置面を常に水平とした状態でセンサ21を使用するため、X-Y平面とX0-Y0平面とは平行であり、2次元X-Y座標系は2次元X0-Y0座標系を面内回転したものに相当する。

【0018】4つのコイル21a〜21dのうち、対向配置した2つのコイル21a、21bはX方向に磁場成分を持つ電磁波にตอบสนองして誘起起電力を発生し、また、これと直交する方向に対向配置したコイル21c、21

dはY方向に磁場成分を持つ電磁波に応答して誘起起電力を発生する。このセンサ21が検出する電磁波は、このセンサ21のその時点での存在位置における1次電磁波31と2次電磁波32との合成電磁波30(図1参照)である。

【0019】より厳密には、2次電磁波32がさらに別の金属体で反射されて、3次電磁波、4次電磁波のような高次の電磁波も存在するが、これらの強度は2次電磁波と比較してかなり小さいため、2次電磁波32までの影響を考慮するだけでよい。

【0020】以上のような概略構成を有するこのシステム1においては、センサ21を地上側ARにおいて、管路を検出すべきエリア内の任意の経路(たとえば図2の経路PTa、PTb)に沿ってマニュアルで移動させる。受信装置本体20Aは、後述する原理および具体的構成によって2次電磁波32の影響を補償し、実質的に1次電磁波31だけを抽出できるようになっている。その抽出処理においては、送信装置10からの交流信号によってケーブル5から送信している送信電磁波(1次電磁波)31の位相の情報が必要である。そこで、1次電磁波31の生成の基礎となった基準信号を、そのような位相情報を含む信号として受信装置20に伝送する目的で、送信装置10と受信装置本体20Aとの間に有線の信号経路12を確立している。

【0021】そして、このシステム1では、受信装置本体20Aのモニタ表示を監視しつつセンサ21を移動させ、後述するような特定の電磁波受信状態(水平方向のみに磁場成分を持つ状態)になった位置を見いだせば、そのセンサ21の位置の直下に管路2が存在していることがわかる。そして、管路2の存在位置が確認されて所要の工事や保守が完了すると、接地点5a、10aでの接地接続を解き、ケーブル5を管路2から引き上げて収容する。

【0022】[2次電磁波除去の原理] 送信装置10や受信装置20などの内部構成を説明する前に、このシステム1において、受信電磁波30から2次電磁波32を除去して1次電磁波31だけを抽出する原理について説明する。そこでは、まず最初に2次電磁波がない場合の位置検出の原理を述べ、2次電磁波32の除去の原理はその後に述べる。

【0023】[(A) 2次電磁波がない場合] 図4は、管路2の付近に金属体がない場合の電磁波の伝播状況を示す図であり、管路2内のケーブル5から1次電磁波31が輻射され、その一部がセンサ21に到達している。センサ21の存在位置としては、管路2の直上位置P0と、それからずれた位置P1との2つの位置が想定されている。また、図5は図4の部分拡大図であり、センサ21に含まれる2つのコイル21c、21dがY0方向に整列している場合を例としている。

【0024】管路2内のケーブル5はほぼ直線状に伸び

ているから、このケーブル5からの電磁波の輻射条件はほぼ線対称であり、そこから輻射される1次電磁波31の磁場成分は、ケーブル5を中心とする同心円状(立体的に見れば同心円筒状)である。したがって、センサ21の姿勢を水平にしておけば、このセンサ21がケーブル5の直上位置P0にあるときには、図5(a)に示すように2つのコイル21c、21dを通るそれぞれ磁束の方向と大きさがほぼ同じになるとともに、それらの磁束の時間的変化も同じになる。これら2つのコイル21c、21dの巻回方向が同じである場合は、これらのコイル21c、21dのそれぞれの誘起起電力 $V(y+)$ 、 $V(y-)$ の差 V_y は、

$$V_y = V(y+) - V(y-) = 0 \quad \dots (式1)$$

となる。ただし、コイル21c、21dの巻回方向が逆であれば、それらの出力信号の和が実質的な差になる。

【0025】一方、センサ21が管路2の直上からそれた位置P1にある場合には、一方のコイル21cを通る磁束と他方を通る磁束21dとはその大きさも時間的変化量も異なる。図4および図5(b)の例で言えば、コイル21dはコイル21cよりもケーブル5に近いために、そこを通る磁束 Φ_d はコイル21cを通る磁束 Φ_c よりも大きい。また、かつコイル21dとその位置での磁場ベクトルとの方向余弦 $\cos \theta_d$ は、コイル21cとその位置での磁場ベクトルとの方向余弦 $\cos \theta_c$ よりも大きい。

【0026】つまり、送信装置20による送信角周波数を ω としたとき、

$$\begin{aligned} \Phi_c &= (A0 / Rc) \\ &\quad \times [s \sin(\omega t + \phi_0) \cdot \cos \theta_c] \\ \Phi_d &= (A0 / Rd) \\ &\quad \times [s \sin(\omega t + \phi_0) \cdot \cos \theta_d] \\ &\quad \dots (式2) \end{aligned}$$

ただし、 $A0$ = ケーブル電流値や電磁波伝搬路の透磁率、コイル断面積その他を含む定数で、コイル21a〜21dに共通の値、 Rc = ケーブル5からコイル21cまでの直線距離、 Rd = ケーブル5からコイル21dまでの直線距離、 ϕ_0 = 初期位相であるが、

$$Rc > Rd \quad \dots (式3)$$

$$\cos \theta_c < \cos \theta_d \quad \dots (式4)$$

であるから、絶対値を $Abs(\dots)$ の記号で表現したとき、

$$Abs(Hc) < Abs(Hd) \quad \dots (式5)$$

となり、かつこれらの磁束 Φ_c 、 Φ_d の時間微分としてのコイル起電力 $V(y+)$ 、 $V(y-)$ も、

$$Abs(V(y+)) < Abs(V(y-)) \quad \dots (式6)$$

を満足する。

【0027】すなわち、センサ21が管路2の直上からずれるとコイル21c、21dの誘起起電力 $V(y+)$ 、 $V(y-)$ にずれが生じることになる。このため、コイル21を水平移動させたとき、コイル21c、21dの誘起起

電力 $V(y+)$ 、 $V(y-)$ が同じになる位置が管路2の直上位置であることがわかる。

【0028】図4および図5の例では、コイル21c、21dがY0方向に整列している場合を考えたが、一般にはそのようにはなっていない。しかしながら、センサ21がケーブル5の直上にある場合には、コイル21c、21dの向きがY0方向からずれていても、図6に示すように磁場ベクトル H をこれらコイル21c、21dに射影した成分 H_y の大きさは同じになるから、やはりこれらのコイル21c、21dの誘起起電力は同じになる。他方の対のコイル21a、21bについても同様に、それらの誘起起電力 $V(x+)$ 、 $V(x-)$ は、管路2の直上でその絶対値が互いに同じになる一方、管路2の直上からずれるとこれらの誘起起電力 $V(x+)$ 、 $V(x-)$ の大きさが互いに異なることになる。

【0029】このため、2次元磁場系の状況を必要十分に表現可能な4つのコイル21a～21dの十字形配列によって、センサ21が管路2の直上にあるかどうかを検出可能である。

【0030】〔(B) 2次電磁波がある場合〕次に図7のように金属体41（図1に示す地中の金属体41aと地上側の金属体41bとの総称）が管路2の比較的近傍に存在し、それによって2次電磁波32が発生する場合を考える。この場合、2次電磁波32は金属体41を中心にして輻射されるため、管路2の直上ではその磁場ベクトルが水平方向になっておらず、合成電磁波30においても管路2の直上でその磁場ベクトルが水平方向になっていない。このため、合成電磁波30をそのまま使用して、センサ21のコイル対21a、21b（21c、21d）のそれぞれ出力が相互に同じ大きさになるという条件で管路2の位置を検出すると誤差が生じる。そこで、センサ21の検出信号から2次電磁波32を除去することが必要である。

【0031】ところで、この2次電磁波32は1次電磁波31の電磁反射によって生じるが、その電磁的メカニズムは、(1)1次電磁波31によって金属体41に表面電流が生じ、(2)その表面電流に応じた2次電磁波32が生成される、というプロセスである。そして、金属体41の表面電流は1次電磁波31の磁場成分の時間微分（にマイナスの符号をつけたもの）によってもたらされるものであるから、2次電磁波32の位相は1次電磁波31の位相よりも -90 度だけずれることになる。このため、合成電磁波30において、電磁波の送信の基礎となった基準信号と同相の成分は1次電磁波31であり、位相において基準信号と直交している成分は2次電磁波32に相当する。

【0032】図16において、管路2が伸びる方向に対し位置 $PA \rightarrow PB \rightarrow P0$ の経路に沿って移動したときや、 $PC \rightarrow PD \rightarrow P0$ の経路に沿って移動したときの、送信電磁波の波形と受信電磁波（センサ21c、2

1dの出力差）の波形とを、2次電磁波がない場合に検出した結果を示したものが図17であり、破線が送信電磁波の磁場波形を、実線が受信電磁波の磁場波形を示している。この図17からわかるように、2次電磁波がない場合には、管路2の直上P0で受信電磁波はその絶対値がほぼゼロになる。

【0033】これに対して2次電磁波があると、図18のように管路2の直上（位置P0）でも受信電磁波がゼロにならず、送信電磁波に対して位相が -90 度ずれた2次電磁波の影響が残る。

【0034】そこで、この実施形態のシステム1は、センサ21で受信した合成電磁波30のうちから、送信電磁波に対して位相が -90 度ずれた成分を受信電磁波の出力信号から除去することによって、2次電磁波32の影響を除去し、実質的に1次電磁波31だけを抽出した信号を得るように構成されている。

【0035】この原理をより定量的に表現すると、合成電磁波30の磁場成分によるセンサ21の出力は、1次電磁波31の磁場成分による信号成分 $V1$ と、2次電磁波32の磁場成分による信号成分 $V2$ とのベクトル加算合成：

$$V = V1 + V2 \quad \dots (式7)$$

であるが、(1)成分 $V1$ と $V2$ とは直交し、(2)成分 $V1$ は送信電磁波の生成の基礎となった基準信号の単位ベクトル $V0$ と同相であり、(3)成分 $V2$ は基準信号の単位ベクトル $V0$ と直交状態にある。

【0036】このため、基準信号の1周期以上の時間平均演算を記号 $\langle \dots \rangle (t)$ で示し、基準信号ベクトル $V0$ と -90 度位相がずれた単位ベクトルを $V(*)$ とすると、1次電磁波成分 $V1$ は、基準信号の単位ベクトル $V0$ と同相の成分を抽出して、

$$V1 = \langle V \cdot V0 \rangle (t) \quad \dots (式8)$$

のように求めることができる。

【0037】また、合成電磁波 V のうち基準信号の単位ベクトル $V0$ と直交する成分として、

$$V2 = \langle V \cdot V(*) \rangle (t) \quad \dots (式9)$$

のように2次電磁波成分 $V2$ を求め、この成分 $V2$ を合成成分 V から減算して、

$$V1 = V - V2 \quad \dots (式10)$$

のように1次電磁波成分 $V1$ を得るように構成することもできる。

【0038】このような原理を実現する具体的装置構成は以下に述べる通りである。

【0039】〔送信装置の詳細〕図8は送信装置10の内部構成を示すブロック図である。この送信装置10は水晶基準発振器102を備えており、水晶基準発振器102は水晶振動子の発振正弦波を通過するとともに振幅を規格化した基準信号 $f0$ を矩形波ドライブ回路103に与えて、所定の周波数の矩形波信号を得る。高圧電流発生器105で発生した高圧電流はパワー出力スイッチ

104に与えられるが、上記矩形波信号によってパワー出力スイッチ104を周期的にON/OFFすることによって高圧電流の交流信号を出力する。この交流信号はケーブル5と接地点10aの接地電極間に与えられる。ケーブル5の端部は、図1において説明したように、管路2を出た任意の接地点5aにおいて接地される。これによってケーブル5と大地とを介して交流電流が流れ、ケーブル5の心線から電磁波が輻射される。

【0040】これらの各回路に電源を供給するためにバッテリー106が接続されており、このバッテリー106の直流出力をDC/ACコンバータ107によって交流電力として、各回路の電源部108を介して各部の回路に供給する。

【0041】また、水晶基準発振器102の出力である基準信号f0は出力ドライブ回路101にも与えられており、送信電磁波の生成の基礎となった基準信号f0は、信号経路12（図1）を介して受信装置20側にも与えられる。

【0042】〔受信装置の詳細〕

〔(A) 第1の例〕図9は受信装置20の構成の第1の例を示すブロック図である。この図のうち、ブロックを2重に示している部分は、図3のX方向コイル対（21a、21b）およびY方向コイル対（21c、21d）に対応して2つのチャンネルが並列的に存在する。以下では、一方のY方向コイル対（21c、21d）だけに着目してそれに対応する単一のチャンネルについてのみ説明するが、他方のチャンネルについても同様である。

【0043】この受信装置20は、混合電磁波30の検出信号Vから1次電磁波31の成分V1だけを抽出するにあたって位相検波を行う。すなわち、混合電磁波Vの検出信号のうち送信電磁波31の基礎となった基準信号f0に対して-90度だけ位相がずれている成分を取り出し、その成分を利用して1次電磁波31の成分V1だけを抽出する。

【0044】ただし、既述したように、この実施形態ではセンサ21についてX方向およびY方向のそれぞれにつき対向するコイル対（21a、21b）（21c、21d）を配置してそれぞれの対のコイルの出力が同一になる位置を特定することにより、管路2の直上位置を検出するという原理を利用している。したがってセンサ21のコイルのそれぞれについての出力信号の差に着目する。

【0045】そこでまず、受信装置20のゲイン調整回路201には、センサ21のY方向コイル対（21c、21d）でそれぞれ得られた誘起起電力V(y+) およびV(y-) の差の信号Vy：

$$V_y = V(y+) - V(y-) \quad \cdots (式11)$$

が入力される。それぞれのコイル21c、21dの出力をそれぞれ個別に位相検波してからそれらの差を求めてもよいが、この実施形態のように先にコイル21c、2

1dの出力差Vyを求めておくことによって、管路2の直上位置が出力「0」となるようなレベルシフトを先に実行し、以後の増幅や各処理におけるダイナミックレンジを有効に利用できる。

【0046】調整されたゲインを持つゲイン調整回路201によって信号V(y)は増幅され、それがハイパスフィルタ202を通ることによって、商用周波数の雑音などが除去される。そしてこの信号Vyは同調増幅回路203によって増幅される。

【0047】この信号Vyは、混合電磁波30によって誘起された起電力に相当する信号V(=V1+V2)をコイル21c、21dの差について表現した信号である。したがって、1次電磁波成分V1および2次電磁波V2のそれぞれのY成分をV1y、V2yと書くと、

$$V_y = V_{1y} + V_{2y} \quad \cdots (式12)$$

となっている。

【0048】一方、送信装置10から信号経路12を介して基準波入力回路206に入力した基準信号f0は、位相調整回路207で位相の不均一が補償されるとともに規格化されて、コンパレータ208において所定の閾値信号と比較され、それによって矩形信号F0に変換される。他方のコンパレータ209に入力された信号Vyもまた所定の閾値信号によって矩形信号Fyに変換される。これらの矩形信号Fy、F0は-90度位相相検波回路210に与えられる。-90度位相相検波回路210では、基準信号F0の位相を90度遅延させ、その遅延基準信号を信号Fyと掛け合わせて時間積分することによって、信号Fyのうち基準信号F0よりも-90度だけ位相がずれた成分を抽出する。

【0049】したがって、信号Fy、F0がそれぞれ信号V、V0に対応していることを考慮すると、-90度位相相検波回路210では、

$$V_{2y} = \langle F_y \cdot F(*) \rangle (t) \\ = \langle V_y \cdot f(*) \rangle (t) \quad \cdots (式13)$$

の処理を行っていることと等価になる。ただし、F(*), f(*)はそれぞれ信号F0、f(*)から-90度だけ位相がずれた信号である。

【0050】このようにして得られた信号Vy、V2yはそれぞれローパスフィルタ205、211においてそれらの高周波ノイズを除去され、0~±5ボルトのダイナミックレンジを持つ信号としてボードコンピュータ213に入力される。

【0051】既述したように、これらの処理は2つのコイル対（21a、21b）（21c、21d）のそれぞれについて並列的に実行される。したがって、ボードコンピュータ213には、Y成分についての信号Vy、V2yのほかに、X成分についてこれらに対応する信号Vx、V2xも入力される。ただし、

$$V_x = V(x+) - V(x-) \\ = V_{1x} + V_{2x} \quad \cdots (式14)$$

の関係にあり、 V_{1x} 、 V_{2x} はそれぞれ1次電磁波および2次電磁波のX成分、 V_x は合成電磁波のX成分、 $V(x+)$ 、 $V(x-)$ はそれぞれコイル21a、21bの出力信号、である。

【0052】ボードコンピュータ213は、コントロールロム212にあらかじめ格納されているプログラムに従って、X成分およびY成分のそれぞれにつき、混合電磁波成分から2次電磁波成分を減算する処理、すなわち

$$V_{1x} = V_x - V_{2x}$$

$$V_{1y} = V_y - V_{2y} \cdots (式15)$$

を行い、それによって1次電磁波による検出信号のX成分 V_{1x} 、およびY成分 V_{1y} の値を得る。そして、これらの1次電磁波成分 V_{1x} 、 V_{1y} の値をモニタ300にグラフィック表示する(表示態様の詳細は後述)。このグラフィック表示を視認しつつセンサ21を移動させていったとき、1次電磁波成分 V_{1x} 、 V_{1y} の値がゼロと表示されるような位置が、管路2の直上位置である。

【0053】なお、図9において、各回路に電源を供給するためにバッテリー221が使用されており、このバッテリー221の直流出力をDC/ACコンバータ222によって交流電力として、各回路の電源部223を介して各部の回路に供給される。

【0054】〔(B)第2の例〕図10は、受信装置20の他の構成例を示す図である。この構成においては、Y方向のコイル差分信号 V_y と基準信号 V_0 とが積分回路230に入力される。積分回路230においては、これらの信号 V_y 、 f_0 の積を時間積分して、

$$\langle V_y \cdot f_0 \rangle (t) \cdots (式16)$$

を求める。

【0055】ここにおいて、信号 V_y は1次電磁波成分 V_{1y} と2次電磁波成分 V_{2y} との和であり、かつ1次電磁波成分 V_{1y} は基準信号 f_0 と同相である一方、2次電磁波成分 V_{2y} は基準信号 f_0 と位相が -90 度ずれているから、

$$\langle V_y \cdot f_0 \rangle (t)$$

$$= \langle (V_{1y} + V_{2y}) \cdot f_0 \rangle (t)$$

$$= \langle V_{1y} \cdot f_0 \rangle (t) + \langle V_{2y} \cdot f_0 \rangle (t)$$

$$= \langle V_{1y} \cdot f_0 \rangle (t)$$

$$= V_{1y} \cdots (式17)$$

となり、積分回路230の出力信号は1次電磁波成分 V_{1y} となる。この1次電磁波成分 V_{1y} はローパスフィルタ231において高周波ノイズが除去され、ボードコンピュータ213に入る。X方向成分 V_x からの1次電磁波成分 V_{1x} の抽出についても同様である。

【0056】〔表示例〕図11はモニタ300の表示面を含む受信装置本体20Aの上面パネルを示す図である。このパネルの一端側には、バッテリーからの電源供給を受けるための電源端子257のほか、電源スイッチ258などが配置されている。また、他端側には、基準信号 f_0 を入力するための端子251、受信周波数の切替

端子252、接地端子153、およびセンサ21からの受信信号を受ける端子254などが配置されている。レスポンス切替スイッチ255およびゲイン調整ダイヤル256は、内部回路の応答性やゲインを調整するためのものである。

【0057】モニタ300は、数値表示部310およびグラフィック表示部320の組合せとなっている。数値表示部310では、1次電磁波31のX成分のコイル差分信号 V_x と、Y成分のコイル差分信号 V_y との値が、正負につき8ビット(256段階)をダイナミックレンジとして数値表示されている。また、コイル差分信号 V_y 、 V_x の逆正接の値($\arctan(V_y/V_x)$)が、角度Aとして表示される。この角度は、磁場の水平成分の方向とセンサ21の現在の向きとの関係を与える。

【0058】一方、グラフィック表示部320には、図12に拡大図として示すように、XYの両座標軸によって規定される2次元座標面が表示されている。そして、この座標面には、コイル差分信号 V_x 、 V_y の値を成分とする点(V_x 、 V_y)が輝点としてスポット表示される。図示例では点Q1に輝点が表示されている。そして、センサ21を水平移動させていくと、この輝点の位置も変化する。

【0059】管路2の直上では(V_x 、 V_y)=(0, 0)となるから、輝点は原点Q0に一致する。逆に、管路2の直上から離れると輝点は原点Q0から離れていく。したがって、このグラフィック表示を視認しつつ輝点が原点Q0に近づくようにセンサ21を移動させ、輝点が原点Q0に一致したら、その位置が管路2の直上位置である。ここにおいて、X-Y座標系はセンサ21に固定された相対座標系であり、土地の固定されたX0-Y0絶対座標系とは異なるため、センサ21の向きを変化させるとモニタ300の表示方向も変化するが、この装置は管路2の直上位置を知ることが主な役割であり、そのようにして特定された管路2の直上位置が地図上のどの地点であるかは別の手段で知ればよい。たとえばGPSなどを組み合わせれば、絶対座標系での表示も可能である。グラフィック表示部320において輝点の位置を連続的に表示させたい場合には、CRTやLCDなどの可変表示ディスプレイを使用することができる。

【0060】ところで、このようなモニタ300の構成において、センサ21のY方向が大地のY0方向に一致している場合につき、たとえば図2のPTa、PTbに沿ってセンサ21を動かすと、この実施形態のシステムでは2次電磁波32の影響が除去されているため、グラフィック表示部320上の輝点の軌跡は図13に示すようになる。その一方で、仮に2次電磁波32を除去していない場合には、2次電磁波32の影響によって、管路2の直上をセンサ21が通っても輝点の軌跡は図14に示すように原点Q0をそれてしまう。

【0061】図15はモニタの他のグラフィック表示の

例を示している。この例では2次元座標面の原点Q0と、それから放射状に伸びる複数の点(図示例では8点)にLEDが固定配置されており、X成分のコイル差分信号 V_x の値と、Y成分のコイル差分信号 V_y の値との組合せの座標点(V_x , V_y)に最も近いLEDが点灯するようになっている。

【0062】このように、この実施形態のシステムでは、2次電磁波32が送信電磁波(およびその生成の基礎となる基準信号)に対して位相が直交していることを利用して受信電磁波から2次電磁波を除去し、1次電磁波だけを抽出してそれに基づく位置判定を行っているため、金属体41などの影響を受けずに正確な管路位置の検出を行うことができる。

【0063】[変形例]

◎上記実施形態では-90度の位相ずれ成分を除去しているが、-90度に対して $180 \times N$ (Nは整数)だけずれた位相も、送信電磁波に対して位相が直交しているという点で-90度の位相ずれと等価である。

【0064】◎管路2からの電磁波の輻射に直線上のケーブルを使用せず、管路2の中にコイル上向きにして配置してもよい。この場合には、輻射源は点状であるから、管路2の中でそのコイルを置いた特定の位置、たとえば図1の座標軸で言えば、 $Y=0$ だけでなく $X=X0$ (Xはコイルを置いた位置のX座標点)まで特定できる。

【0065】◎管路2そのものが金属製の場合には管路2自身に交流電流を流して電磁波を輻射してもよい。

【0066】◎送信電磁波の位相情報は、送信装置から基準信号を受け取る方式のほか、たとえば通信衛星などからの基準電波を得られるような地域では、送信装置と受信装置との双方をその基準電波に同期させれば、送信電磁波の位相をその基準電波から知ることができる。この場合の「基準信号」は衛星からの基準電波である。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1～請求項7の発明によれば、受信電磁波の中から、送信電磁波の生成の基礎となった基準信号と同相の成分を抽出し、その同相成分に基づいて管路の位置判定を行うことによって、2次電磁波の影響を除去しつつ埋設管路の位置を正確に検出できる。

【0068】特に、請求項3および請求項7の発明においては、対向配置したコイル対の差信号に基づいて位置検出を行うため、管路の直上では1次電磁波成分の差信号がゼロになることから、信号処理のダイナミックレン

ジを有効に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施形態である管路の埋設位置検出システムの実施形態の概要図である。

【図2】図1のシステムの平面配置図である。

【図3】センサ21の構成図である。

【図4】センサ21による受信電磁場の検出原理を示す図である。

【図5】図4の拡大図である。

【図6】センサ21による受信電磁場の検出原理を示す図である。

【図7】センサ21による受信電磁場の検出原理を示す図である。

【図8】送信装置10のブロック図である。

【図9】受信装置20のブロック図である。

【図10】受信装置20の他の例を示すブロック図である。

【図11】受信装置20のパネルの外観図である。

【図12】受信装置20のグラフィック表示部の説明図である。

【図13】受信装置20のグラフィック表示部の説明図である。

【図14】受信装置20のグラフィック表示部の説明図である。

【図15】モニタの他のグラフィック表示の例を示す図である。

【図16】埋設位置検出の経路例を示す図である。

【図17】2次電磁波がない場合の受信電磁波の例を示す図である。

【図18】2次電磁波がある場合の受信電磁波の例を示す図である。

【符号の説明】

1 管路の埋設位置検出システム

2 管路

5 ケーブル

10 送信装置

20 受信装置

21 センサ

21a～21d 対向配置したコイル対の組

31 1次電磁波

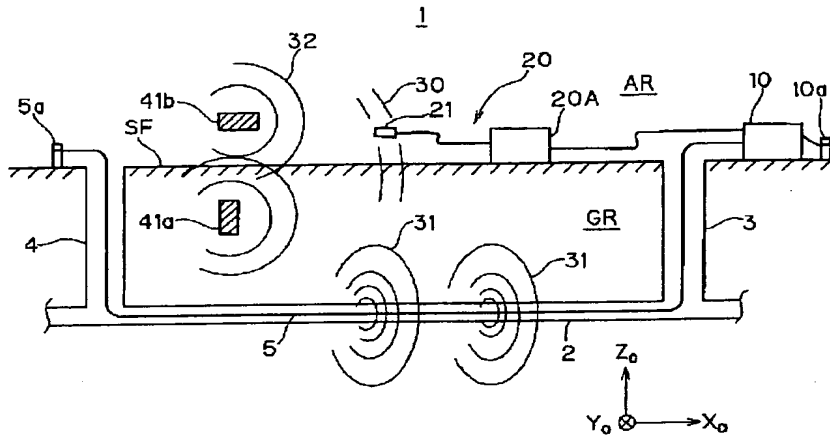
32 2次電磁波

30 合成電磁波(受信電磁波)

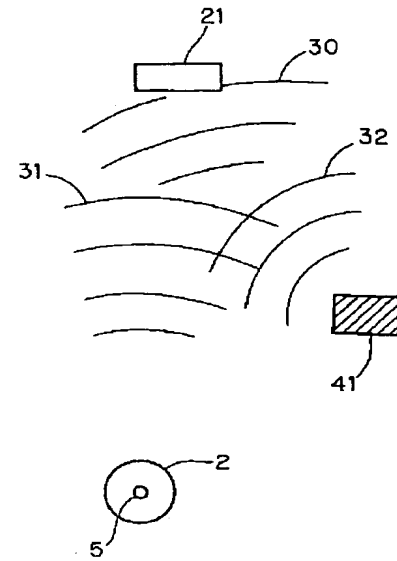
41、41a、41b 金属体

f0 基準信号

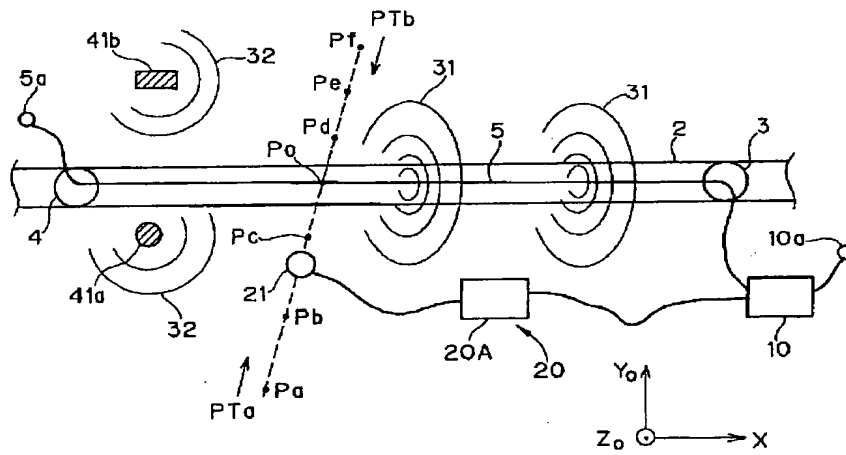
【図1】



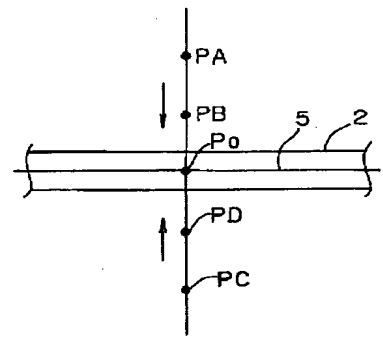
【図7】



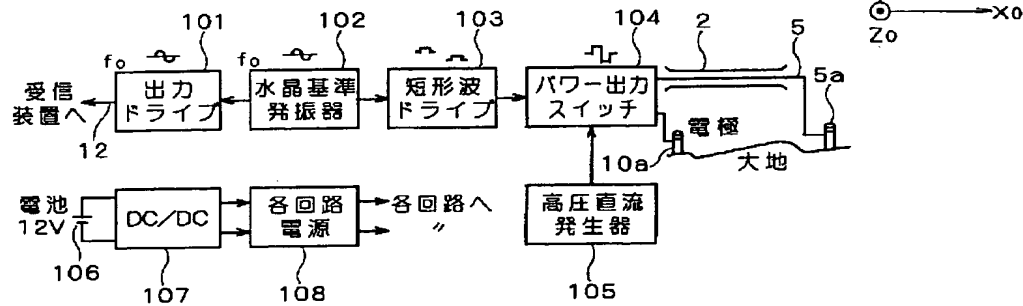
【図2】



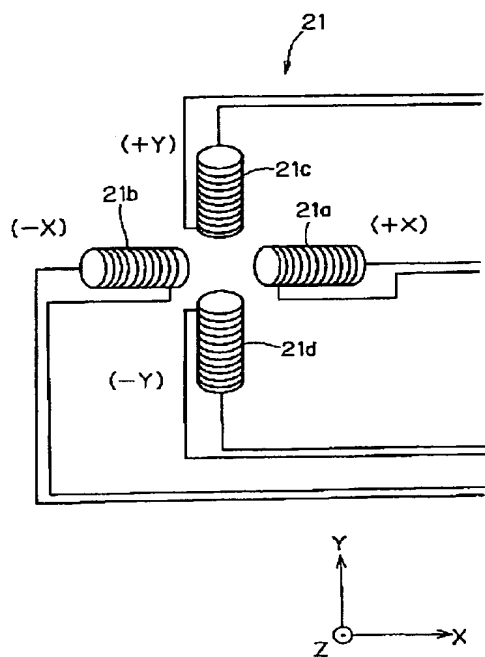
【図16】



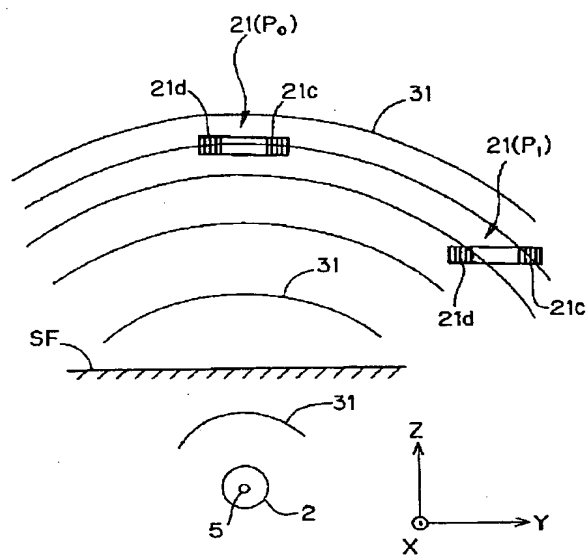
【図8】



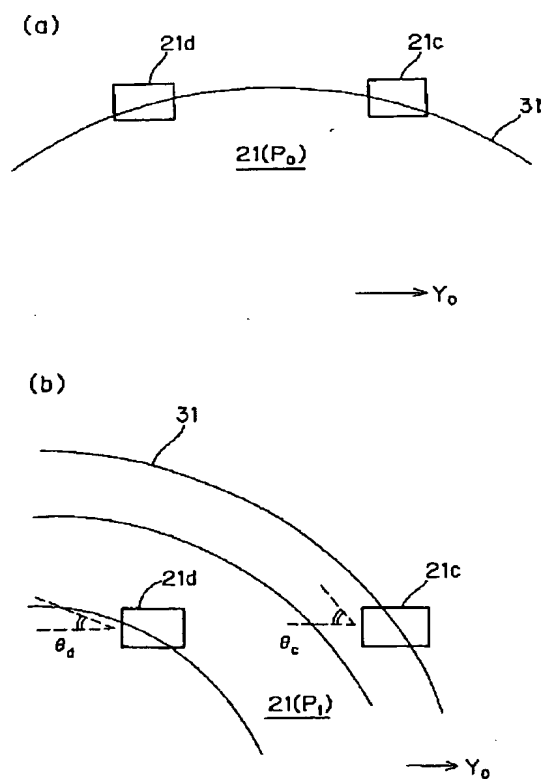
【図3】



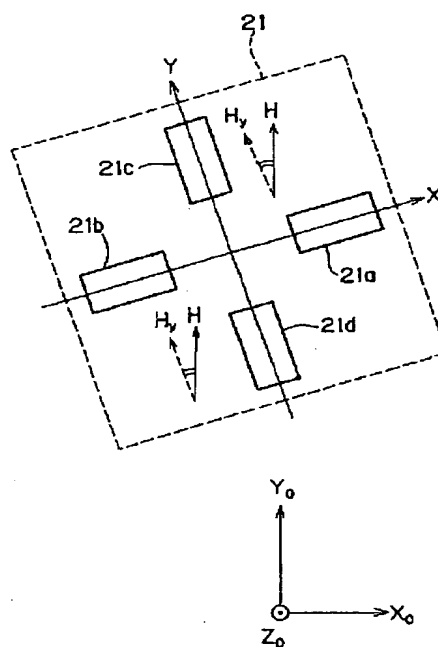
【図4】



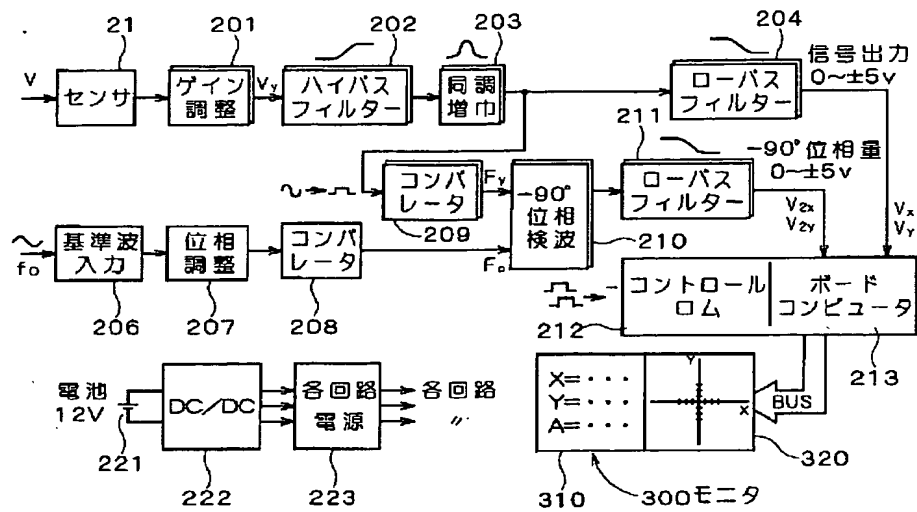
【図5】



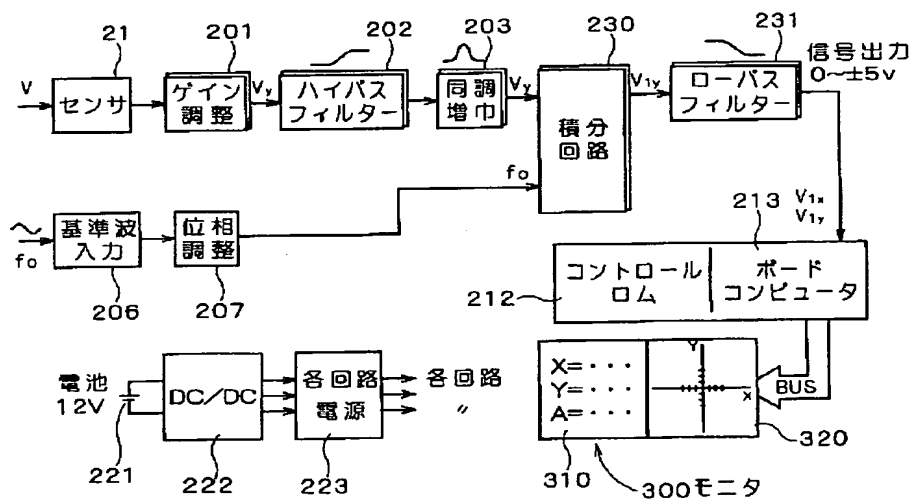
【図6】



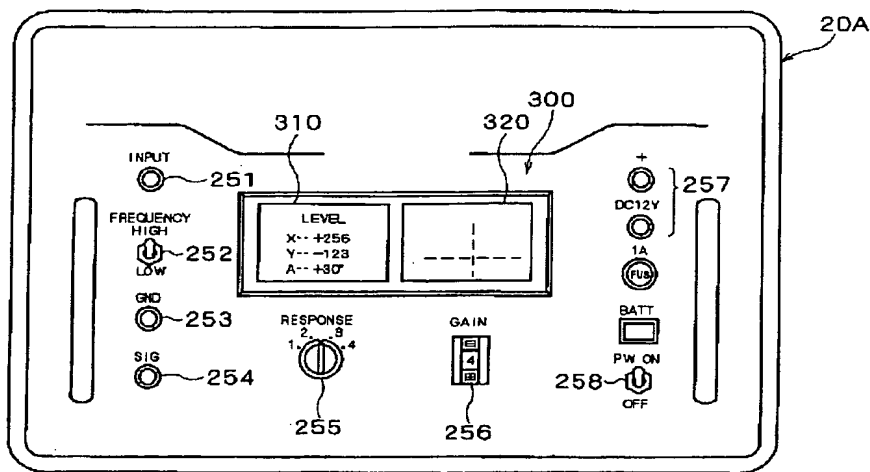
【図9】



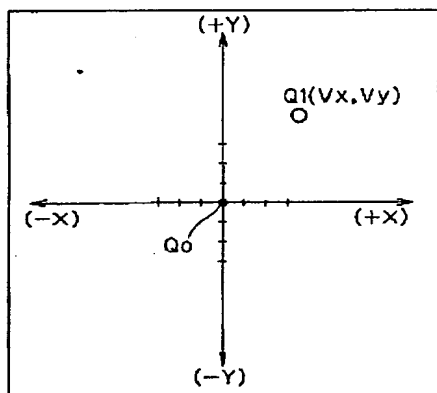
【図10】



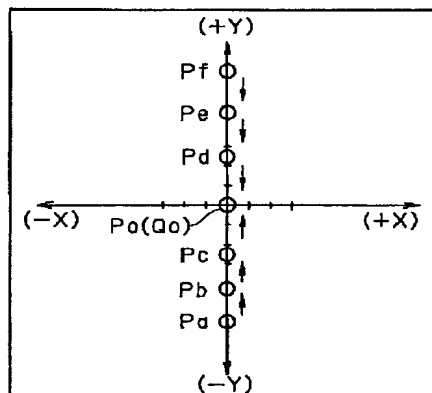
【図11】



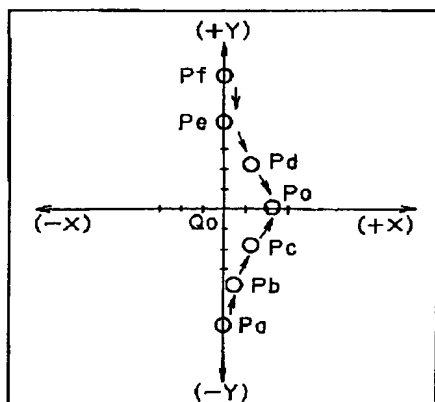
【図12】



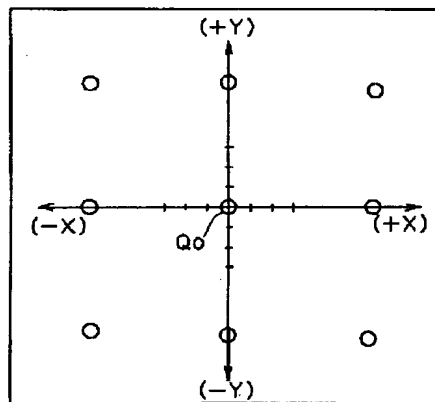
【図13】



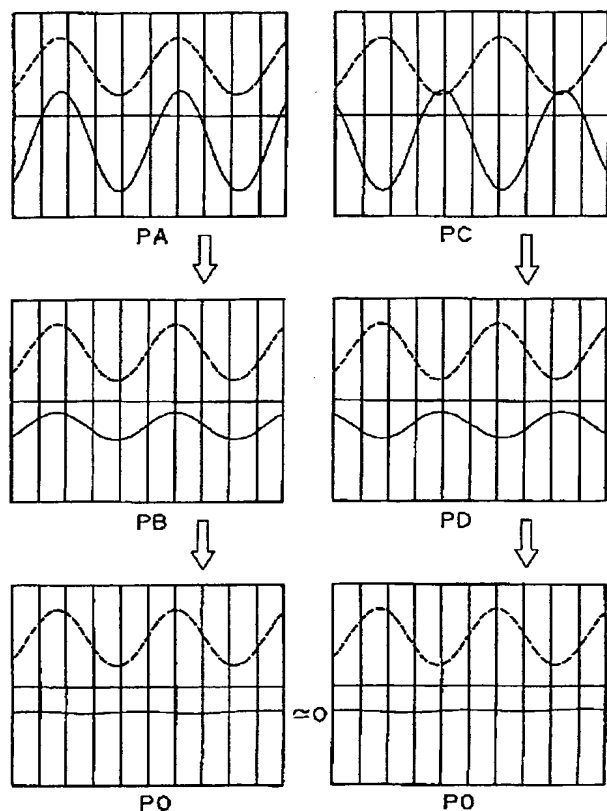
【図14】



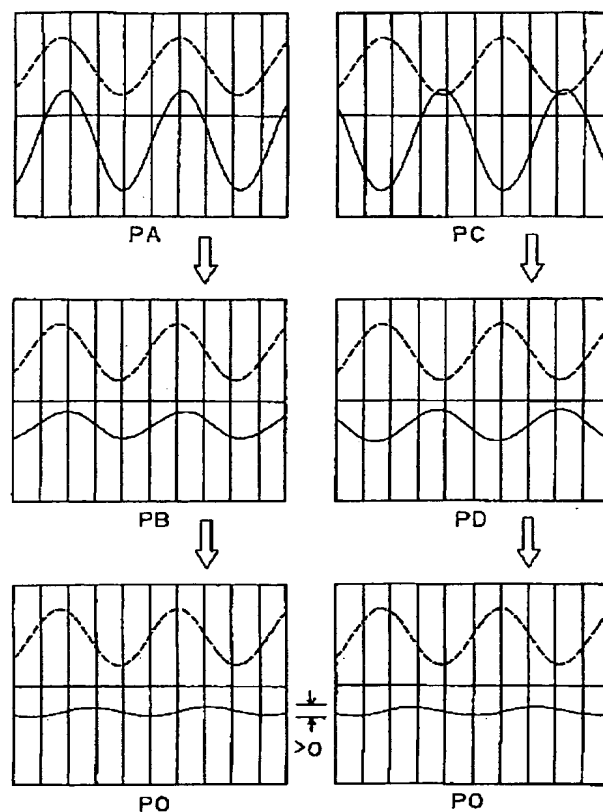
【図15】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(71)出願人 594194701
 有限会社千葉電子研究所
 千葉県佐倉市宮前1丁目13番4号
 (72)発明者 楠 建一郎
 千葉県我孫子市我孫子1646 財団法人電力
 中央研究所 我孫子研究所内

(72)発明者 家村 正三
 兵庫県尼崎市若王子3丁目11番20号 関西
 電力株式会社総合技術研究所内
 (72)発明者 高屋 正
 千葉県松戸市小金362-4 松戸北小金パ
 ークホームズ216
 (72)発明者 東 義則
 千葉県佐倉市宮前1-13-4